



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

过程控制

彭开香 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

过程控制

彭开香 主编

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书在讲述过程控制的发展概况与特点、基本组成与分类、系统表示及其性能指标的基础上,介绍了过程检测仪表、过程执行器与安全栅,以及简单控制系统组成、设计、投运与参数整定技术,讨论了串级控制、大滞后控制、前馈控制、比值控制、选择性控制、分程控制、双重控制、差拍控制、均匀控制等常用复杂控制系统,并简单介绍了预测控制、自适应控制、解耦控制、模糊控制、神经网络控制、专家系统控制等先进过程控制技术,阐述了工业生产过程中典型单元操作的控制方案,还介绍了两个典型的钢铁生产过程的控制,即转炉炼钢过程控制技术与带钢热连轧过程控制技术,给出几类典型工业过程控制系统的設計实践。

本书的特点是理论与实际紧密结合,基本理论与新技术并重,切合信息化与工业化融合需求。本书既可作为大专院校自动化、电气工程等专业本科生、研究生教材或参考书,也可供从事过程控制的工程技术人员或相关专业的高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

过程控制/彭开香主编. 北京:冶金工业出版社,2016.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7055-5

I. ①过… II. ①彭… III. ①过程控制—高等学校—教材
IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第242208号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 戈 兰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7055-5

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016年1月第1版,2016年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;21.75印张;523千字;333页

49.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

工业领域正在全球范围内发挥越来越重要的作用，是推动科技创新、经济增长和社会稳定的重要力量。但与此同时，市场竞争也在变得愈发激烈。客户需要新的、高质量的产品，要求以更快的速度交付根据客户要求定制的产品。此外，还必须不断提高生产力水平。只有那些能以更少的能源和资源完成产品生产的企业，才能够应对不断增长的成本压力。而过程控制技术是现代工业的基石，是人类对生产力发展需求的产物。过程控制技术的有效运用能够缩短产品上市时间、提高生产效率和灵活性，帮助工业企业保持在市场上的竞争优势。

本书是一本综合性、工程性及实用性专业课教材，将过程控制技术与控制系统实现方法相结合，在综合介绍制造业未来与工业过程控制技术的发展趋势后，着重讲述过程控制的基本原理及其工程实现，阐述如何将控制理论知识应用到实际工业过程，内容简洁明了，通俗易懂，图文并茂，重点突出，在描述过程控制系统构成和工作原理的基础上，注重实践，并将理论与工业过程实践有机结合。

工业领域即将迎来第四次工业革命，恰如当前生产数字化与自动化的如影随形。其目标都是为了提高生产力，实现更高的效率、生产速度以及更加优异的质量。只有如此，企业才能在通往未来工业的征途上持续保持竞争力。谨以此书献给在高等学校学习的自动化及其相关专业学生和工作在第一线的过程控制工程师，望推动先进过程控制在工业生产过程中的推广和应用。

本书总共10章，第1章绪论，主要概述了过程控制的发展概况与特点、过程控制系统的组成与分类、过程控制系统的表示形式与性能指标等。第2章过程检测仪表与执行器，介绍了典型工业过程检测仪表、执行器与安全栅。第3章工业过程数学模型，介绍了工业过程数学模型建立的基本方法，重点阐述了工业过程动态数学模型建立途径与实例分析。第4章简单控制系统，介绍了简单控制系统的设计、投运与参数整定等内容。第5章常用复杂控制系统，介绍

了串级、大滞后、前馈、比值、选择性、分程、双重、差拍、均匀等复杂控制的基本原理与系统设计方法。第6章先进过程控制技术，概述了几类常用的先进控制技术及其应用。第7章典型过程单元控制，介绍了典型工业过程单元操作的控制方案。第8、9章介绍了两种典型流程的过程控制系统的设计与实现。第10章工业过程控制实践，介绍了几种典型过程控制系统设计实现与应用实例。

本书由彭开香主编，刘艳、董洁、李江昀编写了部分章节。编写过程中也得到北京科技大学自动化学院王秉正、张雄、景灏、穆启鹏、于威立、李星、陈建华等研究生的支持。在本书正式出版之际，谨向他们表示衷心的感谢。本书责任编辑等为本书的出版也付出了辛勤劳动，在此一并致谢。

由于作者水平有限，以及所做研究和实践工作的局限性，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

作者

2015年8月于北京

目 录

第1章 绪论	1
1.1 过程控制的发展概况及特点	1
1.1.1 过程控制的发展概况	1
1.1.2 过程控制系统的特点	3
1.1.3 过程控制的主要内容	4
1.2 过程控制系统的组成及分类	4
1.2.1 过程控制系统的组成	6
1.2.2 过程控制系统的分类	7
1.3 过程控制系统的两种表示形式	9
1.3.1 方框图	9
1.3.2 管道及仪表流程图	11
1.4 过程控制系统的性能指标及要求	14
1.4.1 过程控制系统的过渡过程	14
1.4.2 过程控制系统的性能指标	15
1.4.3 过程控制的要求	17
思考题与习题	18
第2章 过程检测仪表与执行器	19
2.1 过程检测仪表	20
2.1.1 过程检测的概念及特点	20
2.1.2 温度的检测与变送	26
2.1.3 压力的检测与变送	34
2.1.4 流量的检测与变送	38
2.1.5 物位的检测与变送	44
2.2 执行器	46
2.2.1 执行机构	46
2.2.2 调节机构	47
2.2.3 调节阀的流量特性	48
2.2.4 气动执行器的气开、气关形式	53
2.2.5 电-气转换器	54
2.2.6 阀门定位器	54
2.2.7 执行器的选择与安装	56

IV	
2.3 安全栅	57
2.3.1 安全防爆的基本概念	57
2.3.2 安全火花防爆系统	57
2.3.3 安全栅的工作原理	58
思考题与习题	61
第3章 工业过程数学模型	62
3.1 工业过程模型概述	62
3.2 工业过程静态模型	63
3.2.1 机理模型	63
3.2.2 统计模型	65
3.3 工业过程动态模型	68
3.3.1 动态数学模型的作用和要求	68
3.3.2 动态数学模型的类型	69
3.3.3 建立动态数学模型的途径	69
3.3.4 工业过程动态机理模型	71
3.3.5 过程辨识与参数估计	81
3.3.6 典型过程动态数学模型	96
思考题与习题	98
第4章 简单控制系统	101
4.1 简单控制系统组成	101
4.2 简单过程控制系统设计	103
4.2.1 控制系统设计步骤	104
4.2.2 设计中需要注意的问题	105
4.2.3 被控变量的选择	106
4.2.4 操纵变量的选择	107
4.2.5 检测变送环节对系统的影响	108
4.2.6 控制阀的选择	110
4.2.7 控制器控制规律的选择及正反作用的确定	113
4.3 控制系统的投运	121
4.3.1 投运前的准备工作	121
4.3.2 控制系统的投运次序	122
4.4 控制系统参数整定	122
4.4.1 经验法	123
4.4.2 临界比例度法	123
4.4.3 衰减曲线法	125
4.4.4 响应曲线法	125
思考题与习题	126

第5章 常用复杂控制系统	129
5.1 串级控制系统	130
5.1.1 串级控制系统的基本结构和工作原理	130
5.1.2 串级控制系统的特点和效果分析	132
5.1.3 串级控制系统的设计	134
5.1.4 控制器的选型和参数整定	138
5.1.5 串级控制系统的应用实例	140
5.2 大滞后控制系统	141
5.2.1 概述	141
5.2.2 纯滞后补偿原理	141
5.2.3 史密斯预估控制的实现	143
5.3 前馈控制系统	145
5.3.1 前馈控制的原理及特点	145
5.3.2 静态前馈控制	146
5.3.3 动态前馈控制	148
5.3.4 前馈-反馈控制	148
5.3.5 前馈控制的应用	150
5.4 比值控制系统	151
5.4.1 比值系统的基本原理和类型	151
5.4.2 比值系数的计算	154
5.4.3 比值控制系统的设计	155
5.4.4 比值控制系统的参数整定	156
5.4.5 比值控制系统的应用实例	156
5.5 选择性控制系统	158
5.5.1 选择性控制基本原理	158
5.5.2 选择性控制系统的类型	159
5.5.3 选择性控制系统的设计问题	161
5.5.4 选择性控制系统应用实例	163
5.6 分程控制系统	164
5.6.1 分程控制的工作原理和类型	164
5.6.2 分程控制系统的设计	166
5.6.3 分程控制系统的应用	168
5.7 双重控制系统	169
5.7.1 基本原理	169
5.7.2 双重控制系统性能分析	171
5.7.3 系统设计和实施中的问题	173
5.7.4 双重控制系统应用实例	173
5.8 差拍控制系统	174

5.8.1 差拍控制系统概述	174
5.8.2 最小拍控制算法	176
5.8.3 大林控制算法	176
5.8.4 V. E. 控制算法	177
5.9 均匀控制系统	177
5.9.1 均匀控制原理	177
5.9.2 均匀控制的实现方案	178
5.10 非线性过程控制系统	180
5.10.1 常见非线性环节	180
5.10.2 非线性增益补偿	182
5.10.3 非线性 PID 调节器	186
思考题与习题	187
第 6 章 先进过程控制技术	189
6.1 预测控制	189
6.1.1 简单预测控制	189
6.1.2 模型预测控制	190
6.1.3 动态矩阵控制	192
6.1.4 广义预测控制	194
6.2 自适应控制	195
6.2.1 简单自适应控制	195
6.2.2 变增益自适应控制	196
6.2.3 模型参考自适应控制	197
6.2.4 自校正控制	199
6.3 解耦控制	201
6.3.1 系统间的关联	202
6.3.2 解耦控制	204
6.4 模糊控制	207
6.4.1 模糊逻辑基础	207
6.4.2 模糊控制系统	209
6.5 神经网络控制	210
6.5.1 神经网络概述	211
6.5.2 神经网络控制	214
6.6 专家系统控制	216
6.6.1 专家控制系统概述	216
6.6.2 专家系统建造	219
6.7 工业过程综合自动化系统	222
6.7.1 综合自动化系统的组成结构	222
6.7.2 综合自动化系统的特性	223

6.7.3 综合自动化系统的工业过程应用与发展趋势	224
思考题与习题	225
第7章 典型过程单元控制	227
7.1 过程设备的位置控制	227
7.1.1 液压位置控制	227
7.1.2 电机位置控制	228
7.2 流体输送设备的控制	229
7.2.1 泵的控制	230
7.2.2 变频调速器的应用	233
7.2.3 压缩机的控制	234
7.3 传热设备的控制	235
7.3.1 传热设备的稳态数学模型	235
7.3.2 一般传热设备的控制	238
7.3.3 传热设备的热焓与热量控制方案	241
7.4 工业窑炉的控制	242
7.4.1 玻璃窑炉的控制	242
7.4.2 燃烧式工业窑炉的控制	245
7.4.3 水泥窑炉的控制	247
7.5 化学反应器的控制	247
7.5.1 化学反应器的控制要求	247
7.5.2 化学反应器的热稳定性	248
7.5.3 化学反应器的基本控制策略	250
7.5.4 化学反应器的基本控制方案	251
思考题与习题	256
第8章 典型工艺流程转炉炼钢过程控制	257
8.1 转炉炼钢工艺与设备	257
8.1.1 转炉炼钢的原材料和设备	257
8.1.2 转炉炼钢冶炼过程概述	258
8.1.3 转炉炼钢的基本工艺制度	259
8.1.4 转炉炼钢的控制技术	260
8.1.5 转炉炼钢的静态控制	260
8.1.6 转炉炼钢的动态控制	260
8.1.7 转炉炼钢的全自动控制	261
8.2 转炉模型计算机系统配置	262
8.2.1 系统设计原则	262
8.2.2 计算机控制系统结构	262
8.2.3 系统结构说明	264

8.2.4 系统软件配置	265
8.2.5 硬件设备表	265
8.3 系统功能	266
8.3.1 冶炼计划	266
8.3.2 入炉物料浏览	266
8.3.3 冶炼过程监控	267
8.3.4 历史过程查询	268
8.3.5 化学成分监测	268
8.3.6 参数标准设定与调整	268
8.3.7 物料概况浏览	268
8.3.8 设备维护日志	269
8.3.9 报表	269
8.3.10 系统管理	269
8.4 转炉炼钢工艺模型	270
8.4.1 某转炉炼钢二级系统的模型概述	270
8.4.2 某1号转炉静态模型流程	272
8.4.3 某1号转炉的静态模型	272
8.4.4 静态模型建模原理	272
8.4.5 静态模型建模步骤	273
8.4.6 静态模型的变量	274
8.4.7 静态模型建模的假设	274
8.4.8 静态模型的建立	274
8.4.9 静态模型的计算过程	277
8.5 转炉的动态模型	278
8.5.1 动态模型建模原理	278
8.5.2 动态模型建模步骤	280
8.5.3 动态模型的建立	280
8.6 计算机过程控制	281
8.6.1 某厂1号转炉监控信息	281
8.6.2 某厂1号转炉静态模型计算流程	283
8.6.3 某厂1号转炉动态模型计算流程	284
思考题与习题	286
第9章 典型工艺流程带钢热连轧过程控制	287
9.1 带钢热连轧概述	287
9.1.1 工艺简介	287
9.1.2 设置轧线过程计算机系统的目的	287
9.1.3 轧线过程计算机系统的控制范围	287
9.1.4 过程控制系统的特点	288

9.2 轧线过程计算机的系统结构和网络配置	288
9.2.1 硬件系统网络配置	288
9.2.2 软件平台	289
9.3 计算机过程控制的主要功能	290
9.3.1 物料跟踪	290
9.3.2 初始数据的输入	291
9.3.3 轧辊磨损和热凸度模型	291
思考题与习题	314
第10章 工业过程控制实践	315
10.1 简单过程控制系统	315
10.1.1 控制方案设计	316
10.1.2 检测控制仪表的选用	316
10.2 串级控制系统	316
10.2.1 主、副回路的设计原则	316
10.2.2 主、副回路控制器的选择	317
10.2.3 主、副控制器正反作用的选择	318
10.2.4 串级系统的投运与参数整定	318
10.3 比值控制系统	321
10.3.1 比值控制系统工程应用中的问题	321
10.3.2 比值控制系统的参数整定和投运	322
10.3.3 应用实例	322
10.4 前馈控制系统	323
10.4.1 采用前馈控制系统的条件	323
10.4.2 前馈控制算法	323
10.4.3 前馈补偿装置及偏置的选择	324
10.4.4 前馈控制系统的投运和参数整定	324
10.4.5 应用实例	325
10.5 纯滞后系统	326
10.5.1 纯滞后系统设计	326
10.5.2 应用实例	327
10.6 解耦控制系统	329
思考题与习题	331
参考文献	333

第1章 绪 论

- 教学要求：**了解过程控制的发展概况及特点；
掌握过程控制系统各部分作用，系统的组成；
掌握管道及仪表流程图绘制方法，认识常见图形符号、文字代号；
学会绘制简单系统的管道及仪表流程图；
掌握控制系统的基本控制要求（稳定、快速、准确）；
掌握静态、动态及过渡过程概念；
掌握品质指标的定义，学会计算品质指标。
- 重 点：**自动控制系统的组成及各部分的功能；
负反馈概念；
控制系统的基本控制要求及质量指标。
- 难 点：**常用术语物理意义（操纵变量与扰动量区别）；
根据控制系统要求绘制方框图；
静态、过渡过程概念。

过程控制是指根据工业生产过程的特点，采用测量仪表、执行机构和控制装置等自动化工具，应用控制理论，设计工业生产过程控制系统，使表征生产过程的温度、压力、流量等参量接近给定值或保持在给定范围内，从而提高产品质量，降低能耗，保障安全生产，实现工业生产过程的自动化。

过程控制广泛应用于石油、化工、电力、冶金、轻工、纺织等工业部门，是控制理论与工业过程、设备，以及自动化仪表和计算机工具相结合的工程应用科学。随着工业生产逐渐走向大型化、复杂化，为了满足工业过程生产管理的要求，过程控制在传统仪表控制基础上，以计算机多级控制为核心，向综合化、智能化方向不断发展。

1.1 过程控制的发展概况及特点

过程控制是实现生产过程自动化的重要手段，是现代工业控制的一个重要分支。在过程控制发展的历程中，生产过程的需求、控制理论的开拓和控制技术工具与手段的进展三者相互影响、相互促进，推动了过程控制不断的向前发展。

1.1.1 过程控制的发展概况

纵观过程控制的发展历史，大致经历了以下几个阶段：

(1) 20 世纪 40 年代: 手工操作状态, 只有少量的检测仪表用于生产过程, 操作人员主要根据观测到的反映生产过程的关键参数, 用人工来改变操作条件, 凭经验去控制生产过程。

(2) 20 世纪 40 年代末到 50 年代: 大多数是根据以反馈为中心的经典控制理论, 设计的单输入、单输出简单控制系统。采用的是基地式仪表和部分单元组合仪表 (气动 I 型和电动 I 型), 部分生产过程实现了仪表化和局部自动化。

这个阶段以经典控制理论为基本方法, 以传递函数为基础, 采用根轨迹法和频率法对系统进行分析。自动化水平处于比较低级的阶段, 理论上也尚不完整。

(3) 20 世纪 60 年代: 根据以状态空间方法为基础, 以极小值原理和动态规划等最优控制理论为基本特征的现代控制理论, 将传统的单输入单输出系统发展到多输入多输出系统领域, 出现了串级、比值、均匀、前馈和选择性等多种复杂控制系统。单元组合仪表 (气动 II 型和电动 II 型) 成为主流产品。60 年代后期, 出现了专门用于过程控制的小型计算机, 直接数字控制系统和监督计算机控制系统开始应用于过程控制领域。

20 世纪 60 年代以后, 人们研究出了现代控制理论, 它以状态空间为分析基础, 包括以最小二乘法为基础的系统辨识, 以极小值原理和动态规划为基础的优化控制和以卡尔曼滤波理论为核心的最优估计三个部分, 因此使分析系统的方法从外部现象深入到揭示系统的内在规律。

(4) 20 世纪 70 ~ 80 年代: 20 世纪 70 年代开始, 为解决大规模复杂系统的优化与控制问题, 现代控制理论和系统理论相结合, 逐步形成了大系统理论, 建立起系统分解与协调的思想, 出现了自适应控制、随机控制、最优控制、非线性分布式参数控制、解耦控制等复杂控制方式。20 世纪 80 年代起, 智能控制飞速发展, 基于专家知识的专家系统、模糊控制、人工神经网络控制、学习控制和基于信息论的智能控制等, 在很多领域得到了广泛的应用。

控制理论和其他学科相互渗透, 从而形成了以大系统理论和智能控制理论为代表的所谓第三代控制理论。

智能控制作为新一代的控制理论方法, 是人工智能与自动控制的结合。人工智能是指智能机器所执行的通常与人类智能有关的功能, 如判断、推理、识别、感知、设计和学习等思维活动, 其研究内容十分广泛, 包含知识表示、问题求解、语言理解、机器学习、模式识别、逻辑推理、人工神经网络、专家系统和智能控制等。目前应用于控制的主要形式为专家系统、模糊控制和人工神经网络。

微型计算机广泛应用于过程控制领域, 自动化仪表采用气动 III 型和电动 III 型, 即以微处理器为主要构成单元的智能控制装置。集散控制系统 (DCS)、可编程逻辑控制器 (PLC)、工业 PC 机和数字控制器等, 已成为控制装置的主流。集散控制系统实现了控制分散、危险分散、操作监测和管理集中。

(5) 20 世纪 90 年代至今: 20 世纪 90 年代后, 过程控制朝着综合化、智能化方向不断发展。国内外企业在国际市场的激烈竞争刺激下, 把提高综合自动化水平作为挖潜增效、提高竞争力的重要途径, 集常规控制、先进控制、过程优化、生产调度、企业管理、经营决策等功能于一体的综合自动化成为企业的发展目标, 也成为当今过程控制系统的发展方向。

随着计算机技术和网络技术的迅速发展,出现了总线控制系统,引起过程控制系统体系结构和功能结构上的重大变革,现场仪表数字化和智能化,控制系统中的各个单元实现网络通信,形成了真正意义上的全分散、全数字化、智能化、双向、互联、多变量、多点和多站的过程控制系统。

(6) 未来发展的展望:过程控制技术由传统的仪表简单控制,到现场总线、计算机多级先进控制,再到智能化、信息化的综合控制,可以说过程控制技术的发展是中国工业制造行业发展的一个缩影。如何提升我国的工业制造水平,缩短与发达国家之间的差距成为我国政府关注的重点。

2014年我国政府与德国建立并开展工业4.0的合作,所谓“工业4.0”概念包含了由集中式控制向分散式增强型控制的基本模式转变,目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式,即是以智能制造为主导的第四次工业革命。

借鉴德国工业4.0计划,我国于2015年3月5日,提出要实施“中国制造2025”,即以体现信息技术与制造技术深度融合的数字化网络化智能化制造为主线,提升产品设计能力,完善制造业技术创新体系,强化制造基础,提升产品质量,推行绿色制造,培养具有全球竞争力的企业群体和优势产业。因此,推进信息技术和控制技术有机结合,发展工业制造领域的综合自动化智能控制将成为未来过程控制发展的主要方向。

1.1.2 过程控制系统的特点

过程控制技术是自动化技术的重要组成部分,通常是指石油、化工、纺织、电力、冶金、轻工、建材、核能等工业生产中连续的或按一定周期程序进行的生产过程自动化,与其他自动控制系统比较,过程控制具有以下特点:

(1) 被控对象复杂多样。过程控制涉及范围很广,如石化过程的精馏塔、反应器,热工过程的换热器、锅炉等;生产过程是一个复杂大系统,其动态特性多为大惯性、大滞后形式,且具有非线性、分布参数和时变特性;工业生产是多种多样的,生产过程机理不同,规模大小不同,生产的产品千差万别。因此,过程控制的被控对象也是复杂多样的。

(2) 对象动态特性存在滞后。生产过程大多是在庞大的生产设备内进行,当流入(或流出)对象的质量或能量发生变化时,由于存在容量、惯性和阻力,被控参数不可能立即产生响应,这种现象称为滞后。生产设备的规模越大,物质传输的距离越长,能量传递的阻力越大,造成的滞后就越大。

(3) 对象动态特性存在非线性。对象动态特性大多是随负荷变化而变的,即当负荷改变时,其动态特性有明显的不同。因此大多数生产过程都具有非线性特性,如果只以较理想的线性对象的动态特性作为控制系统的设计依据,就难以得到满意的控制结果。

(4) 过程控制方案丰富多样。由于工业过程的复杂性和多样性,决定了过程控制系统的控制方案的多样性。为了满足生产过程中越来越高的要求,过程控制方案也越来越丰富。有单变量控制系统,也有多变量控制系统;有常规仪表过程控制系统,也有计算机集散控制系统;有提高控制品质的控制系统,也有实现特殊工艺要求的控制系统;有传统的PID控制,也有先进控制系统,例如自适应控制、预测控制、解耦控制、推断控制和模糊控制等。

被控对象特性各异,工艺条件及要求不同,过程控制系统的控制方案非常丰富,包括常规PID控制、改进PID控制、串级控制、前馈-反馈控制、解耦控制,为满足特定要求而开发的比值控制、均匀控制、选择性控制、推断控制,新型控制系统如模糊控制、预测控制、最优控制等。

(5) 定值控制是过程控制的主要形式。在多数工业生产过程中,被控变量的设定值为一个定值,定值控制的主要任务在于如何减小或消除外界干扰,使被控变量尽量接近或等于设定值,使生产稳定。

1.1.3 过程控制的主要内容

过程控制针对工业生产过程的各个环节有不同的内容,一般来说包括以下几方面:

(1) 自动检测系统。利用各种检测仪表对工艺参数进行测量、指示或记录。如:加热炉温度、压力检测。

(2) 自动信号和联锁保护系统。自动信号系统是指当工艺参数超出要求范围,自动发出声光信号,即参数超限报警系统。联锁保护系统是指达到危险状态,打开安全阀或切断某些通路,必要时紧急停车,例如当反应器温度、压力进入危险限时,加大冷却剂量或关闭进料阀。

(3) 自动操纵及自动开停车系统。自动操纵系统是指根据预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作,如合成氨造气车间煤气发生炉,按吹风、上吹、下吹、吹净等步骤周期性地接通空气和水蒸气。自动开停车系统是指按预先规定好的步骤将生产过程自动的投入运行或自动停车。

(4) 自动控制系统。利用自动控制装置对生产中某些关键性参数进行自动控制,使它们在受到外界扰动的影响而偏离正常状态时,能自动的回到规定范围。

(5) 故障诊断、预报和报警系统。故障诊断和预报技术是指对系统异常状态检测、异常状态原因的识别以及包括异常状态预报在内的各种技术的总称。当确认出现故障时,系统要及时报警以对故障进行反映和处理,从而保障控制系统运行的安全性和可靠性。

1.2 过程控制系统的组成及分类

利用自动控制装置构成的过程控制系统,可以在没有人直接参与条件下,使这些工艺参数能自动按照预定的规律变化。下面先介绍两个过程控制系统的实例:

(1) 锅炉汽包水位控制(见图1-1):在锅炉正常运行中,汽包水位是一个重要的参数,它的高低直接影响着蒸汽的品质及锅炉的安全。水位过低,当负荷很大时,汽化速度很快,汽包内的液体将全部汽化,导致锅炉烧干甚至会引起爆炸;水位过高会影响汽包的汽水分离,产生蒸汽带液现象,降低了蒸汽的质量和产量,严重时损坏后续设备。

图1-1中(a)图为开环控制,(b)图为闭环控制,其中:

眼 $\longleftrightarrow$ 检测元件(变送器):要想实现对汽包水位的控制,首先应随时掌握水位的变化情况。

脑 $\longleftrightarrow$ 控制器:控制器将接收到的测量信号与预先规定的水位高度进行比较,如果两个信号不相等,表明实际水位与规定水位有偏差,此时控制器将根据偏差的大小向执行器

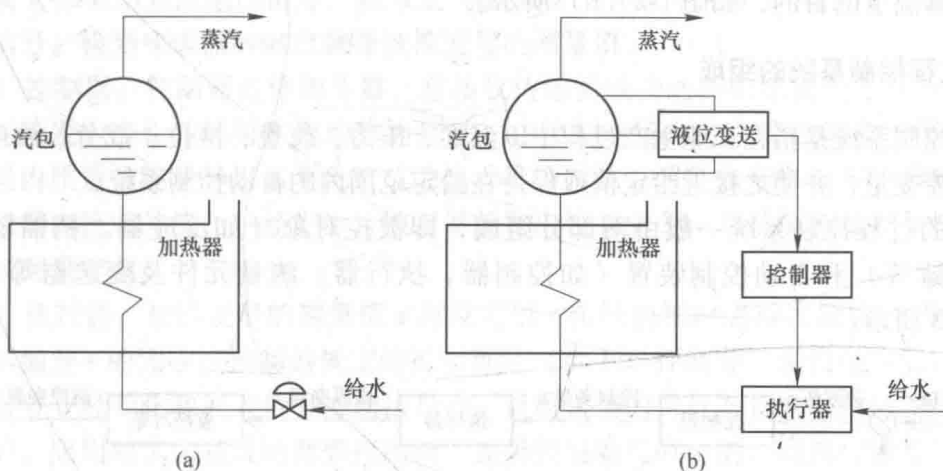


图 1-1 锅炉汽包水位控制系统示意图

输出一个控制信号。

手 $\longleftrightarrow$ 执行器：执行器可根据控制信号来改变阀门的开度，从而使进入锅炉的水量发生变化，达到控制锅炉汽包水位的目的。

(2) 发酵罐温度控制（见图 1-2）：发酵罐是间歇发酵过程中的重要设备，广泛应用于微生物制药、食品等行业。发酵罐的温度是影响发酵过程的一个重要参数。因为微生物菌体本身对温度非常敏感，只有在适宜的温度下才能正常生长代谢，而且涉及菌体生长和产物合成的酶也必须在一定的温度下才能具有高的活性。温度还会影响发酵产物的组成。因此，按一定的规律控制发酵罐的温度就显得非常重要。

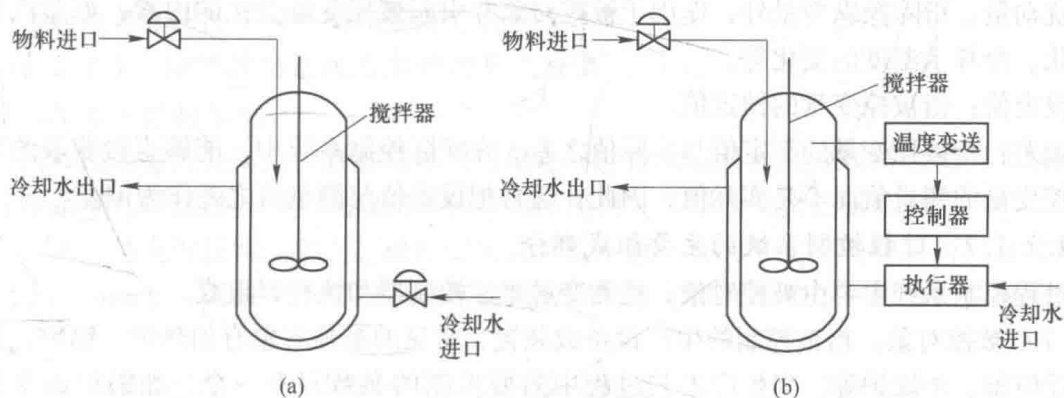


图 1-2 发酵罐温度控制系统示意图

影响发酵过程温度的主要因素有微生物发酵热、电机搅拌热、冷却水的流量及本身的温度变化以及周围环境温度的改变等。一般采用通冷却水带走反应热的方式使罐内温度保持工艺要求的数值。对于小型发酵罐，通常采用夹套式冷却形式，如图 1-2 (a) 所示。

实现对发酵罐温度的控制，可使用温度检测仪表（如热电偶、热电阻等）测量罐中的实际温度，将测得的数值送入控制器，然后与工艺要求保持的温度数值进行比较。如果两个信号不相等，则由控制器的输出控制冷却水阀门的开度，改变冷却水的流量，从而达到